

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання розрахунково-графічного завдання  
з дисципліни**

# **«Безпека експлуатації систем газопостачання»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

**Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2017**

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Безпека експлуатації систем газопостачання» (для студентів 4 курсу денної форми навчання спеціальності 263 – Цивільна безпека) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. В. Е. Абракітов. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 15 с.

Укладач: канд. техн. наук, доцент В. Е. Абракітов

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Г. В. Фесенко

Рекомендовано кафедрою «Охорона праці та безпека життєдіяльності», протокол № 3 від 28.10.2015 р.

## ЗМІСТ

1 Загальна характеристика систем газопостачання міст на природному газі .....	4
2 Розрахунок споживання природного газу в місті .....	4
3 Гідравлічний розрахунок газових мереж .....	6
4 Техніко-економічне обґрунтування вибору варіанту газопостачання .....	8
5 Розрахункові завдання .....	8
6 Приклад гідравлічного розрахунку газопроводу .....	10
Список рекомендованих джерел.....	12
Додатки .....	13

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ МІСТ НА ПРИРОДНОМУ ГАЗІ

Технологічну систему газопостачання на природному газі складають такі елементи: промислова система видобутку, система транспортування від родовища, система газопостачання міст та селищ.

Промислова система газопостачання призначена для збирання газу з окремих свердловин родовища, очищення і підготовки для подальшого транспортування.

Система транспортування складається з газопроводів, компресорних станцій, відгалужень від магістральних трубопроводів до міст. Магістральні газопроводи для підвищення надійності газопостачання проектують дво- або багатотрубними. Транспортування газу відбувається за допомогою компресорних станцій, які розміщують через кожні 120-150 км. Обладнання компресорних станцій забезпечує тиск газу на рівні  $50 \div 90$  ат (5 – 9 МПа).

Газопостачання міста відбувається від газорозподільної станції (ГРС), що розміщена за межами міста. За допомогою обладнання ГРС газ, що надходить по відгалуженнях з магістрального трубопроводу, очищують, знижують його тиск до високого (від 3 до 12 МПа) або середнього ( $0,05 \div 3$  ат). Від ГРС до споживачів газ високого або середнього тиску транспортується по міських газових мережах. У мікрорайонах для відбирання газу, обліку кількості його споживання, очищення та зниження тиску до низького (менше 0.05 ат) споруджують газорегуляторні пункти (ГРП). На промислових підприємствах такі функції виконують газорозподільні установки (ГРУ). Від ГРП газ подається в систему розподільчих газопроводів мікрорайону.

Споживання газу в містах відбувається за такими напрямками: побутове споживання (для приготування їжі й гарячого водопостачання), для теплопостачання міста, для комунально-побутових закладів, для промислових підприємств.

## 2 РОЗРАХУНОК СПОЖИВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В МІСТІ

Розрахункові річні витрати газу для споживачів визначають згідно з нормами споживання за додатками 1,2.

Річні витрати газу на побутові потреби визначають для кожного з мікрорайонів залежно від кількості мешканців у мікрорайоні  $m$ :

$$g_{\Pi}^p = m * \frac{n_1 + n_2}{Q_n^p}, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (2.1)$$

де  $n_1$  - норма витрат газу на приготування їжі на одну людину (додаток 1);

$n_2$  - норма витрат газу на приготування гарячої води для побутових потреб (якщо в мікрорайоні передбачене централізоване гаряче водопостачання  $n_2=0$ );

$Q_n^p$  - калорійність газу, ккал/м<sup>3</sup> (задається у вихідних даних до розрахунків)

Річні витрати газу для комунально-побутових та промислових підприємств слід визначити в цілому для міста згідно з даними додатків 1, 2.

Наприклад, річні потреби для лазні, пральні, хлібозаводу обчислюють відповідно за формулами

$$g_{\text{л}}^p = a * N * \frac{n_3 * 48}{Q_n^p}, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (2.2)$$

$$n_3 = 900 \text{ ккал/рік};$$

$$g_{\text{п}}^p = \frac{n_4 * B}{Q_n^p}, \text{ м}^3/\text{рік},$$

$$B = \frac{0,1 * N}{2} - \text{кількість білизни за рік} \quad (2.3)$$

$$n_4 = 4800000 \text{ ккал/рік}$$

$$g_x^p = \frac{N * n_6 * P}{Q_n^p} * 365, \quad (2.4)$$

де  $n_6 = 420000 \text{ ккал/т}$ ;

$P = 0,0006 \text{ т/люд.}$

У формулах (2.2) – (2.4)  $n_3, n_4, n_6$  – норма витрати газу для відповідного закладу,  $N = \sum m$  – сумарна кількість жителів у місті.

Годинні витрати газу, які потрібні для гідравлічного розрахунку газових мереж, для всіх видів споживачів визначають залежно від річних витрат газу і коефіцієнта годинного максимуму  $K_m$  за формулою

$$g^{\text{г}} = g^p * K_m \quad (2.5)$$

Для житлових мікрорайонів коефіцієнт  $K_m$  обирають залежно від кількості жителів у мікрорайоні за додатком 3, для інших споживачів – за додатком 4.

Розрахунок годинних витрат газу для джерела тепlopостачання (ТЕЦ або котельні) визначають за формулою

$$g_T^{\text{г}} = \frac{\sum Q_{\text{гmn}}}{Q_n^p * 1,16 * \eta_k}, \quad (2.6)$$

де  $\sum Q_{\text{гmn}}$  – теплове споживання міста (визначається згідно з [5])

$\eta_k = 0,85$  – коефіцієнт корисної дії котлів.

### 3 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ГАЗОВИХ МЕРЕЖ

Розрахунок починають з розподілу мережі на ділянки від найвіддаленішого споживача до ГРС і визначають фактичну довжину кожної з ділянок ( $l_\phi$ , км). Для обліку витрат тиску у місцевих опорах (місця зміни діаметрів трубопроводів, повороти, арматура тощо) вводять розрахункову довжину ділянки за формулою

$$l_p = 1.1 * l_\phi, \text{ км} \quad (3.1)$$

Для кожної з ділянок визначають витрати газу ( $g_d$ ) як суму потреб споживачів, які одержують паливо від ділянки, що розглядається. Вибір діаметрів здійснюють за допомогою номограми для гідравлічного розрахунку газових мереж. Номограма подана на рисунку 1. Ключ до користування номограмою наведений на рисунку 2. Порядок користування номограмою передбачає попереднє визначення середнього на всій довжині мережі коефіцієнта втрат тиску за формулою

$$\alpha_{cp} = \frac{P_n^2 - P_k^2}{\sum l_p}, \quad (3.2)$$

де  $P_n$  - тиск газу на виході з ГРС (початковий для мережі), ат ;

$P_k$  - тиск газу в кінцевій точці мережі, ат ;

$\sum l_p$  - сума розрахункових довжин ділянок мережі (від ГРС до найвіддаленішого споживача без урахування відгалужень).

За допомогою номограми залежно від витрат газу на ділянках і коефіцієнта  $\alpha_{cp}$  визначають діаметр газопроводу і відповідне йому дійсне значення коефіцієнта втрат тиску на ділянках  $\alpha_d$ .

Тиск газу в кінці кожної ділянки  $P_{2,d}$  визначають залежно від тиску на вході в ділянку  $P_{1,d}$ , коефіцієнта втрат тиску  $\alpha_d$  та розрахункової довжини ділянки  $l_d$  за формулою

$$P_{2,d} = \sqrt{P_{1,d}^2 - \alpha_d * l_p}, \quad (3.3)$$

Початковий тиск на кожній наступній ділянці дорівнює тиску газу в кінці попередньої ділянки, наприклад для поданої на рис. 1 схеми

$$P_{1,5-4} = P_{2,6-5}, \quad P_{1,3-4} = P_{2,4-5} \text{ і т.д.}$$

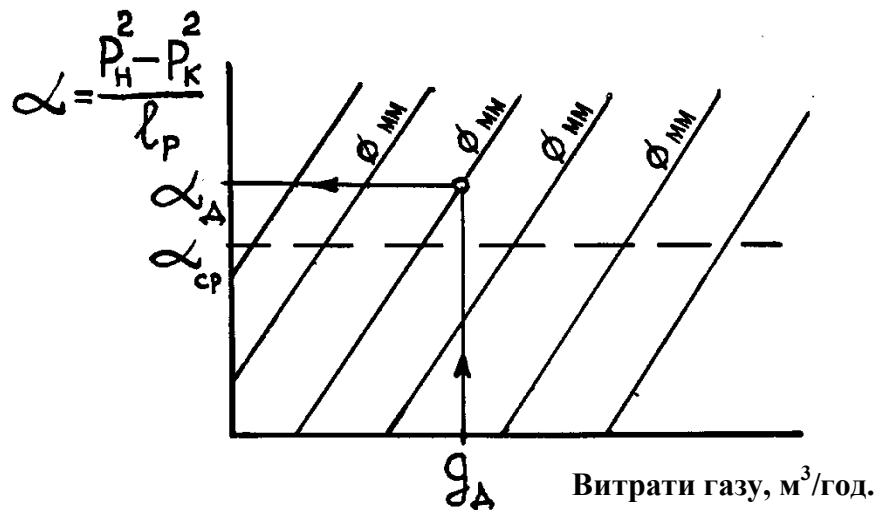


Рисунок 1 – Ключ до користування номограмою для розрахунку газових мереж (див. дод. 5)

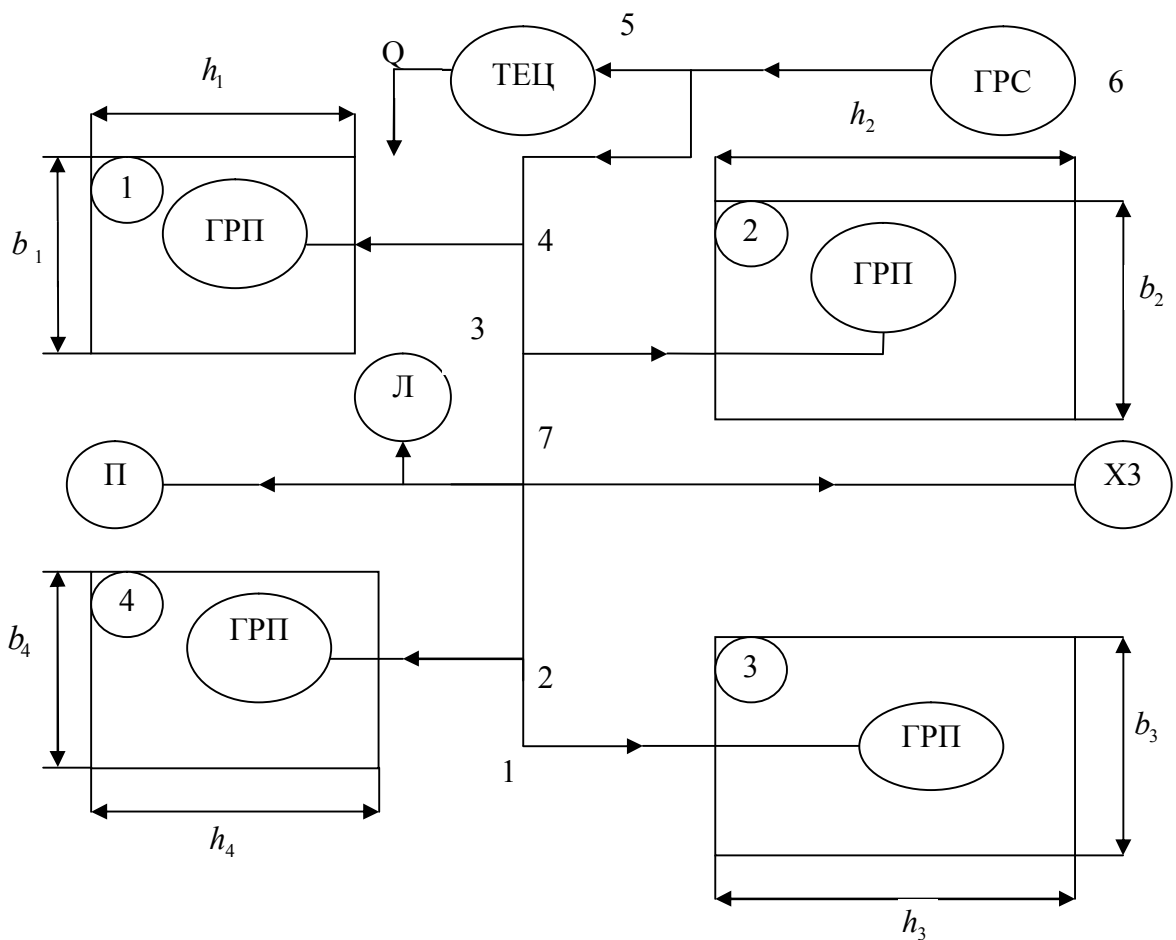


Рисунок 2 – Принципова схема газопостачання міста: 1 – 4 – номери мікрорайонів;  $h_1, \dots, h_4$  – довжина мікрорайонів;  $b_1, \dots, b_4$  – ширина мікрорайонів.  
 ГРС – газорозподільча станція; ГРП – газорегуляторний пункт; П – пральня;  
 Л – лазня; ХЗ – хлібозавод; ТЕЦ – теплоелектроцентрально;  
 1, 2, 3... 7 – розрахункові точки на ділянках газопроводу;  
 Q – тепло для потреб теплостачання міста

## 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТА ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Висновок про доцільність варіанта виконують на підставі порівняння витрат на спорудження та експлуатацію газопроводу, суму яких для кожного варіанта обчислюють за формулою

$$\Pi = \sum_{i=1}^n [(K_i * E + C_i) * l_{\phi,i}], \quad (4.1)$$

Тут  $n$  - кількість розрахункових ділянок;

$K_i$  - капітальні вкладення у спорудження ділянки;

$C_i$  - експлуатаційні витрати для ділянки;

$E$  - коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймають рівним 0,15).

Значення  $K_i$  та  $C_i$  для газопроводів високого й середнього тиску наведені в додатку 5.

## 5 РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ

**Завдання №1.** Визначити витрати газу для потреб міста, схема якого наведена на рисунку 3. Геометричні характеристики мікрорайонів подані в таблиці 2. Результати розрахунків звести до таблиці за формою таблиці 3.

Таблиця 1 - Теплота згоряння природного газу, ккал/м<sup>3</sup> (кДж/м<sup>3</sup>)

Варіант	1	2	3	4	5	6
$Q_n^p$	8500 (35590)	9000 (37680)	9500 (39780)	10000 (41870)	10500 (43960)	11000 (46060)

Таблиця 2 - Розміри мікрорайонів (до рис. 3)

Варіанти	$h_1 = h_4$	$h_2$	$h_3$	$b_1 = b_2$	$b_3 = b_4$
1	200	200	300	300	200
2	300	200	350	350	300
3	400	300	450	450	300
4	500	300	500	500	400
5	600	300	600	600	400



Таблиця 3 - Результати розрахунків споживання газу

Споживачі	Річні витрати	$K_m$	Годинні витрати $g^c$ , м <sup>3</sup> /год
Побутове споживання : - мікрорайон 1 - мікрорайон 2 - мікрорайон 3 - мікрорайон 4			
Комунально-побутове споживання: - пральня - лазня			
Промисловість: - хлібозавод			
Джерело теплопостачання			

**Завдання №2.** Використовуючи дані попереднього завдання, виконати гідравлічний розрахунок газопроводу. Тиск газу на виході з ГРС прийняти рівним  $P_n=11$  ат, тиск газу в точці 1  $P_k=1,2$  ат. Довжини розрахункових ділянок для варіантів подані у таблиці 4. Результати розрахунків подати у вигляді таблиці (див. табл. 5)

Таблиця 4 - Довжини розрахункових ділянок газопроводу (до рис. 3).

Варіанти	1-2	2-7	7-3	3-4	4-5	5-6
<b>1</b>	100	150	150	150	1500	12000
<b>2</b>	200	200	200	200	1700	11500
<b>3</b>	200	250	250	300	2000	11000
<b>4</b>	250	325	325	400	2300	10500
<b>5</b>	250	350	350	400	2500	10000

**Завдання №3.** Використовуючи дані завдань № 1, 2, виконати гідравлічний розрахунок газопроводу за умов, що тиск газу на початку мережі становить  $P_n=3$  ат (газопровід середнього тиску), в кінці -  $P_k=1,2$  ат.

**Завдання №4.** Провести техніко-економічне порівняння варіантів виконання газопроводу, розглянутих у завданнях № 2, 3.

**Завдання №5.** Обчислити витрати газу для потреб міста (рис. 3) при умові, що в місті відсутнє централізоване гаряче водопостачання, а гаряча вода готується у квартирних газових водопідігрівачах.

**Завдання №6.** Використовуючи результати розрахунків завдання №5, виконати гідравлічний розрахунок газопроводу, якщо  $P_n=3$  ат,  $P_k=1,2$  ат. Порівняти з результатами завдання №3.

**Завдання №7.** Виконати техніко-економічне порівняння варіантів виконання газопроводу, обчислених у завданнях №3, 6. Вибрати більш доцільний варіант.

## 6 ПРИКЛАД ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ГАЗОПРОВОДУ

**Завдання.** Підібрати діаметри трубопроводу і визначити тиск газу на ділянках газопроводу, поданого на рисунку 3. Витрати газу споживачами і довжина розрахункових ділянок наведені у таблиці 5.

Таблиця 5 - Вихідні дані до прикладу

Споживачі	Годинні витрати $g_z, \text{ м}^3/\text{год}$	№ ділянки	Довжина , км	
			фактична	розрахункова
1-й мікрорайон	50	1-2	0,2	0,22
2-й мікрорайон	100	2-7	0,5	0,55
3-й мікрорайон	200	7-3	0,5	0,55
4-й мікрорайон	80	3-4	1,0	1,1
Лазня	30	4-5	3,0	3,3
Пральня	170	5-6	7,0	7,7
Хлібозавод	70	сума	12,2	13,42
ТЕЦ	5000			

### Розв'язання

#### 6.1. Витрати газу на ділянках

ділянка 1-2  $g_z = g_3 = 200 \text{ м}^3/\text{год}$

ділянка 2-7  $g_z = g_3 = g_4 = 280 \text{ м}^3/\text{год}$

ділянка 7-3  $g_z = g_{2-7} + g_n + g_l + g_{xz} = g_3 + g_4 + g_n + g_l + g_{xz} = 550 \text{ м}^3/\text{год}$

ділянка 3-4  $g_z = g_{7-3} + g_2 = 550 + 100 = 650 \text{ м}^3/\text{год}$

ділянка 4-5  $g_z = g_{3-4} + g_1 = 650 + 50 = 700 \text{ м}^3/\text{год}$

ділянка 5-6  $g_z = g_{4-5} + g_{\text{ТЕЦ}} = 700 + 5000 = 5700 \text{ м}^3/\text{год}$

#### 6.2. Середній коефіцієнт витрат тиску для газопроводу

$$\alpha_{cp} = \frac{P_n^2 - P_k^2}{\sum l_p} = \frac{100 - 1,44}{12,2} = 8,08$$

**6.3.** За допомогою номограми для гідравлічного розрахунку залежно від витрат газу на ділянках і коефіцієнта  $\alpha_{cp}$  визначають діаметр газопроводу та дійсне значення коефіцієнта витрат тиску для кожної з ділянок  $\alpha_d$ . Наприклад, для ділянки 1-2 при  $g_{1-2} = 200 \text{ м}^3/\text{год}$  та  $\alpha_{cp} = 8,08$  знаходимо  $D = 70 \text{ мм}$ ,  $\alpha_d = 0,9$  для ділянки 2-7 при  $g_{2-7} = 280 \text{ м}^3/\text{год}$  та  $\alpha_{cp} = 8,08$  знаходимо  $D = 70 \text{ мм}$ ,  $\alpha_d = 1,8$ . Результати звести до таблиці 6.

Таблиця 6 - Результати гідравлічного розрахунку газопроводу

Номер ділянки	Витрати газу $g_d, \text{м}^3/\text{год}$	Довжина ділянки, км		Діаметр, мм	$\alpha_d$	Тиск газу, ат	
		$l_\phi$	$l_p$			$P_1$	$P_2$
1-2	200	0,2	0,22	70	0,9	2,64	2,6
2-7	280	0,5	0,55	70	1,8	2,83	2,64
7-3	550	0,5	0,55	70	7	3,44	2,83
3-4	650	1,0	1,1	70	10	4,78	3,44
4-5	700	3,0	3,3	100	1,2	5,18	4,78
5-6	5700	7,0	7,7	150	9,5	10	5,18

**6.4.** Тиск газу на ділянках починаємо визначати з найближчої до ГРС (ділянка 5-6). Тиск газу на вході в трубопровід вказаної ділянки є відносним. Він дорівнює тиску газу на виході з ГРС

Ділянка 5-6:

$$P_1 = P_n = 10 \text{ ат}; \quad P_2 = \sqrt{10^2 - 9,5 * 7,7} = 5,18 \text{ ат};$$

Ділянка 5-4:

$$P_1 = 5,18 \text{ ат}; \quad P_2 = \sqrt{5,18^2 - 1,2 * 3,3} = 4,78 \text{ ат}$$

Розрахунки для інших ділянок подані в таблиці 6

При точному виборі діаметрів тиск у кінці ділянки 1-2 має бути рівним кінцевому на газопроводі  $P_k$ .

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Норми й вказівки про нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на громадсько-побутові потреби в Україні. КТМ 204 України 244-94. Керівний технічний матеріал. – Київ: 1995 – 636 с.
2. Шульга М. О. Енергопостачання міст. / М. О. Шульга, — Київ : КСДО, 1993. – 228 с.
3. Тихомиров В. К. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция. / В. К. Тихомиров, С. С. Сергеенко. — Москва: Стройиздат., 1991. – 480 с.
4. СНиП 2.04.08-87 Газоснабжение. — Москва : Стройиздат., 1988
5. Алексахін О. О. Теплопостачання міста: Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисциплін «Основи енергозабезпечення міст» та «Інженерне обладнання міст» (для студентів 1-2 курсів денної форми навчання спец. 6.05.0201 «Менеджмент організацій») / О. О. Алексахін, О. М. Герасимова. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 19 с.

## Додаток 1

Споживачі газу	Показник споживання газу	Норма витрати теплоти, ккал/рік
1. Житлові будинки		
приготування їжі (при наявності газової плити та централізованого гарячого водопостачання від ЦТП);	на одну людину за рік	$640 \times 10^3$
приготування їжі та гарячої води без прасування білизни (при наявності газової плити та газового водонагрівача);	на одну людину за рік	$1270 \times 10^3$
прасування білизни у домашніх умовах	на 1 т сухої білизни	$2100 \times 10^3$
2. Комунально-побутові підприємства	-//-	$4800 \times 10^3$
механізовані пральні; лазні:	1 відвідування	9000
миття без ванн;	-//-	12000
миття з ваннами		
3. Заклади охорони здоров'я лікарня:		
приготування їжі;	на 1 ліжко	$760 \times 10^3$
приготування гарячої води (без прасування)		$2220 \times 10^3$
4. Заклади громадського харчування		
приготування обіду;	1 обід	1000
приготування сніданку чи вечері	1 сніданок чи вечеря	500
5. Хлібозавод		
випікання хліба;	на 1 т виробів	$420 \times 10^3$
випікання булок;	на 1 т виробів	$950 \times 10^3$
кондвироби	на 1 т виробів	$1450 \times 10^3$

## Додаток 2

Заклад	Показники
Їдальні, кафе, ресторани	Обсяг обслуговування 25-30% всього населення
Лікарні	Загальна місткість з розрахунку 8-9 ліжок на 1000 жителів
Поліклініки	З розрахунку 10-12 відвідувань за рік
Механізовані пральні	Обсяг обслуговування 50% населення. Норма 100 кг сухої білизни на людину за рік; для дитячих ясель - 480 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; для дитячих садків - 360 кг сухої білизни на 1 дитину за рік; поліклініки - 0,125 кг на 1 відвідування; лазні - 0,075 кг сухої білизни на 1 відвідування.
Лазні	Обсяг обслуговування 100 % всього населення з урахуванням душових і ванних пристроїв у житлових та інших будинках
Хлібозавод	З розрахунку 0,6 - 0,8 т виробів за добу на 1000 жителів

## Додаток 3

Кількість жителів,чол.	5000	10000	20000	30000	40000
Коефіцієнт годинного максимуму споживання газу на побутові потреби, $K_m$	1/2100	1/2200	1/2300	1/2400	1/2500

## Додаток 4

Заклад	Коефіцієнт годинного максимуму
Лазні	1/1600 ÷ 1/2300
Пральні	1/2300 ÷ 1/3000
Лікарні	1/2300 ÷ 1/3000
Заклади громадського харчування	1/1800 ÷ 1/2200
Хлібозавод	1/2100 ÷ 1/2500

## Додаток 5

Техніко - економічні показники спорудження та експлуатації газопроводів

Діаметр d, мм	Газопровід від середнього тиску		Газопровід від високого тиску		Маса 1 м труби без ізоляції
	K, грн/м	C, грн/м	K, грн/м	C, грн/м	
54	40,6	4,06	43,4	4,3	4,0
83	49	4,90	52,5	5,25	7,7
108	58,1	5,80	61,6	6,16	10,66
133	66,5	6,65	70,0	7,00	12,73
168	74,2	7,7	77,7	8,4	20,1
219	105	10,5	109	11,2	31,52
273	128	12,6	132,3	13,3	39,51
325	151,2	15,4	158,9	16,1	47,2
377	189	18,9	196	19,6	54,9
426	226,8	23,1	241,5	24,5	82,46
530	266	26,6	295	29,4	102,96

*Навчальне видання*

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни  
**«Безпека експлуатації систем газопостачання»**

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання  
спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

Укладач **АБРАКІТОВ** Володимир Едуардович

Відповідальний за випуск *Я. О. Серіков*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2015, поз. 156 М

Підп. до друку 09.11.2015

Друк на різнографі.

Зам. №

Формат 60 x 84/16

Ум. друк. арк. 0,38

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства ім. О.М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017 р.